

УДК 622.807

О.Н. Лисай

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ПЫЛИ И ПОВЕДЕНИЯ ЧАСТИЦ ПЫЛИ В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ

Семинар № 8

Цель данного исследования состоит в разработке методики определения наиболее загрязненных участков почв пылью при добыче угля подземным способом.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Определить гранулометрический состав угольной пыли.
2. Создать математическую модель поведения частиц пыли в окружающей среде.
3. Определить химический состав угольной пыли.
4. Разработать методику определения наиболее загрязненных участков почвы при добыче угля подземным способом.
5. Создать компьютерный вариант (программу) данной методики.

В данной работе были решены две первые задачи. Для этого был проведен эксперимент, суть которого состояла в рассеивании образца угольной пыли ОФ «Гуковская» для определения ее гранулометрического состава. В ходе эксперимента использовались следующие приборы: сита AS 400 control и аналитические электронные весы.

Сита AS 400 control используются для рассева сухих материалов с контрольными ситами диаметром до 400 мм. Равномерное циркулярное горизонтальное движение обеспечивает хорошее разделение просеиваемого продукта. Скорость вращения/ситовое ускорение и время отсева уста-

навливаются и отображаются в цифровом виде. Основание вибростолы может выдерживать очень высокие нагрузки благодаря наличию 4 эксцентриковых направляющих. AS 400 control имеет встроенный интерфейс для управления параметрами отсева программой авторассева EasySieve®. Для фиксации сит доступно чрезвычайно удобное и быстрое зажимное устройство "comfort". Колонна сит может быть зафиксирована двумя простыми движениями. Время проведения эксперимента составляло 30 минут.

В результате проведения эксперимента были получены следующие результаты (см. таблицу).

Для окружающей среды наиболее опасны частицы, размер которых находится в пределах от 0 до 50 мкм. Аэрозольные частицы диаметром 10 мкм и более оседают в основном в бронхах здорового человека и являются одной из основных причин развития профессионального пылевого бронхита. Развитие пневмокониозов определяется накоплением в альвеолах легких пылевых частиц с аэродинамическим диаметром приблизительно 2,5 мкм. Более крупные частицы диаметром до 8 мкм проникают в альвеолы здорового человека в небольшом количестве, однако они гораздо медленнее выводятся из легких.

Из приведенных результатов видно, что частиц, оказывающих неблагоприятное воздействие на здоровье человека, в пробе содержится 24,09 %.

№ п/п	Кл. крупности, мм	Вес, г	% содержание от общего веса
1	0 – 0,05	125,278	24,09 %
2	0,05 – 0,063	53,244	10,24 %
3	0,063 – 0,1	58,443	11,24 %
4	0,1 – 0,2	120,07	23,09 %
5	0,2 – 0,25	28,34	5,45 %
6	0,25 – 0,5	69,91	13,45 %
7	0,5 – 1	36	6,92 %
8	1 – 1,25	8,57	1,65 %
9	+ 1,25	20,13	3,87 %
Итого:		519,985	100 %

Сделаем попытку создать математическую модель поведения частиц указанного диапазона в окружающей среде.

Одним из главных условий нахождения данных частиц во взвешенном состоянии в окружающей среде является равновесие между силой тяжести и силой аэродинамического сопротивления.

Указанная модель реализуется в дифференциальном уравнении движения частицы при осаждении ее в неподвижной воздушной среде или витании в восходящем воздушном потоке, которое имеет вид:

$$m_{\text{ч}} \frac{dV_{\text{отн}}}{dt} = \frac{\lambda_{\text{ч}} F_{\text{ч}} \rho_{\text{в}} V_{\text{отн}}^2}{2} - m_{\text{ч}} g, \quad (1)$$

где $m_{\text{ч}}$ – масса частицы; $V_{\text{отн}}$ – относительная скорость частицы, осаждающейся в воздушной среде, или восходящего воздушного потока, вызывающего витание (парение) частицы; t – время; $\lambda_{\text{ч}}$ – коэффициент аэродинамического сопротивления частицы; $F_{\text{ч}}$ – миделево сечение частицы; $\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха; g – ускорение свободного падения.

При $V_{\text{отн}} = \text{const}$ уравнение (1) приводится к виду:

$$m_{\text{ч}} g = \lambda_{\text{ч}} F_{\text{ч}} \rho_{\text{в}} \vartheta_{\text{отн}}^2 / 2, \quad (2)$$

откуда:

$$\vartheta_{\text{отн}} = \sqrt{\frac{2m_{\text{ч}}g}{\lambda_{\text{ч}}F_{\text{ч}}\rho_{\text{в}}}}. \quad (3)$$

Для упрощения заменим реальную частицу сферической (шарообразной). У шарообразной частицы

$$m_{\text{ш}} = V_{\text{ш}}\rho_{\text{ш}} = \pi d_{\text{ш}}^3 \rho_{\text{ш}} / 6 ;$$

$$F_{\text{ш}} = \pi d_{\text{ш}}^2 / 4 ;$$

$$\vartheta_{\text{ш}} / F_{\text{ш}} = (2/3)d_{\text{ш}},$$

где $m_{\text{ш}}$, $V_{\text{ш}}$, $F_{\text{ш}}$, $\rho_{\text{ш}}$ – масса, объем, миделево сечение, плотность шарообразной частицы.

Следовательно,

$$\vartheta_{\text{отн.ш}} = \sqrt{\frac{2g\rho_{\text{ш}}\vartheta_{\text{ш}}}{\lambda_{\text{ш}}\rho_{\text{в}}F_{\text{ш}}}} = \sqrt{\frac{2g\rho_{\text{ш}}}{\lambda_{\text{ш}}\rho_{\text{в}}}} \left(\frac{2}{3}d_{\text{ш}}\right), \quad (4)$$

где $V_{\text{отн.ш}}$ – относительная скорость шарообразной частицы при осаждении или парении.

Установлено, что зависимость $\lambda_{\text{ш}}$ от Re может быть аппроксимирована эмпирическим уравнением:

$$\lambda_{\text{ш}} = A_{\text{ш}} / Re^n, \quad (5)$$

где $A_{\text{ш}} = A_{\text{ш}}(Re)$; $n = n(Re)$ – опытные коэффициенты, Re – число Рейнольдса для сферической частицы, обтекаемой воздушным потоком.

Коэффициент $\lambda_{\text{ш}}$ может быть рассчитан по эмпирическим уравнениям:

$$\lambda_{ш} = \begin{cases} 24 / Re = 24(\mu_B / \rho_B) / (d_{ш} \vartheta_{отн}) \\ 26,5 / Re^{0,8} = 26,5(M_B / \rho_B)^{0,8} / (d_{ш} \vartheta_{отн})^{0,8} \\ 11,5 / \sqrt{Re} = 11,5 \sqrt{M_B / \rho_B} / \sqrt{d_{ш} \vartheta_{отн}} \\ 0,44 \end{cases} \quad (6)$$

$$Re = \frac{d_{ш} \vartheta_{отн}}{V_B} = d_{ш} \vartheta_{отн} / (\mu_B / \rho_B), \quad (7)$$

где v_B, μ_B – кинематический и динамический коэффициенты вязкости воздуха.

Наиболее характерные скорости ветров для г. Гуково Ростовской области находятся в диапазоне от 3,5 до 4,1 м/с. Принимая значение скорости ветра за независимую переменную в уравнениях 4 и 6 мы можем рассчитать $d_{ш}$ и коэффициент $\lambda_{ш}$, что необходимо для дальнейшей разработки методики по определению наи-

более загрязненных участков почв при добычи угля подземным способом.

ВЫВОДЫ

1. Определен гранулометрический состав угольной пыли, результаты которого представлены в виде таблицы. Оказалось, что частиц крупностью 0-50 мкм (которая наиболее опасна для человека и окружающей среды) в пробе содержится 24,09 %.

2. Разработана математическая модель поведения частицы угольной пыли при нахождении в воздушной среде, в основе которой лежит дифференциальное уравнение движения частицы при осаждении ее в неподвижной воздушной среде или витании в восходящем воздушном потоке и коэффициент аэродинамического сопротивления частицы $\lambda_{ш}$. **ИАС**

Коротко об авторе

Лисай О.Н. – аспирант, Московский государственный горный университет.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 8 симпозиума «Неделя горняка-2008». Рецензент д-р техн. наук, проф. Е.А. Ельчанинов.



ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР РАН			
ЯРОШ Алексей Сергеевич	Разработка способа и средства оперативного контроля запыленности воздуха в горных выработках угольных шахт	05.26. 01	к.т.н.